

Bestimmung des Alterungsverhaltens von Asphaltgemischen als Grundlage für die Bemessung von Asphaltbefestigungen und Prognose der Lebensdauer/Schadensentstehung

FA 4.205

Forschungsstelle: Technische Universität Dresden, Institut für Stadtbauwesen und Straßenbau (Prof. Dr.-Ing. habil. F. Wellner)

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Verkehrswegebau (Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg) /

Bearbeiter: Wellner, F./ Radenberg, M./ Ascher, D./ Cetinkaya, R.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: März 2011

1 Aufgabenstellung

Asphalte unterliegen beim Herstellungsprozess, beim Transport, beim Einbau und während der Nutzungszeit einem irreversiblen Alterungsprozess. In einer Vielzahl von Forschungsvorhaben wurden die Alterungsprozesse im Bitumen und im Asphalt untersucht und die wesentlichen Einflussgrößen eingegrenzt. Aufgrund der Komplexität der Alterungsvorgänge sind eine Vielzahl von Alterungsverfahren zur Nachbildung dieser Vorgänge in Labor entwickelt worden. Als wesentliche Einflussgrößen wurden der Verlust flüchtiger Bestandteile und Oxidationsreaktionen festgestellt. Beide Prozesse laufen bei hohen Mischgut- bzw. Bitumentemperaturen beim Mischvorgang, Transport und Einbau stark beschleunigt ab, setzen sich jedoch in geringerem Maße – zusätzlich durch UV-Licht angeregt – während der Nutzungszeit fort.

Während die beschleunigte Bitumenalterung im Labor bereits Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten war und als Verfahren beispielsweise in der DIN EN 12607 Teil 1 und 2 festgelegt sind, gibt es für die beschleunigte Alterung von Asphaltproben nur unzureichende Kenntnisse. Bisher wurden international einige zum Teil sehr verschiedene Alterungsverfahren entwickelt, sodass die Ergebnisse aufgrund unterschiedlicher Prüfbedingungen (Temperatur, Druck, Expositionsmedium und Alterungsdauer) kaum vergleichbar sind. Insbesondere die Auswirkungen der Asphaltalterung auf das mechanische Verhalten von Asphaltstraßenbefestigungen kann derzeit nur unzureichend abgeschätzt werden.

2 Untersuchungsmethodik

Der wesentliche Aspekt zur Erreichung des angestrebten Forschungsziels ist eine abgesicherte Aufstellung von Randbedingungen zur simulierten Alterung des Asphalts im Labor. Dazu wird an der Technischen Universität Dresden der Warmbold'sche Alterungstisch verwendet, während an der Ruhr-Universität Bochum in Anlehnung an den Modelltopf nach Potchka ein neues Alterungsverfahren im Vorfeld entwickelt wurde.

Die im Rahmen des Untersuchungsumfangs durchzuführenden Versuche lassen sich in Voruntersuchungen und Hauptuntersu-

chungen einteilen. Bei den Hauptuntersuchungen kann eine weitere Gliederung in vier Schritten durchgeführt werden (siehe Bild 1).

Im ersten Schritt erfolgte die Entnahme von Bohrkernen aus insgesamt 7 Versuchsstrecken mit einer Liegezeit von 9 bis 35 Jahren. An den Bohrkernen wurden Spaltzug-Schwellversuche zur Bestimmung der Ermüdungsfunktion sowie der Steifigkeitsmodul-Temperaturfunktion nach AL Sp-Asphalt 09 durchgeführt.

An den rückgewonnenen Bindemitteln aus den Bohrkernen sind chemische, physikalische und rheologische Untersuchungen zur Bestimmung des Alterungszustands durchgeführt worden.

Für die Bestimmung des geeigneten Alterungsverfahrens wurden identische Asphalttragschichtgemische an der Technischen Universität Dresden und der Ruhr-Universität Bochum mit zwei verschiedenen Laboralterungsmethoden künstlich gealtert. An den gealterten Asphaltproben wurden Spaltzug-Schwellversuche zur Bestimmung der Ermüdungsfunktion und der Steifigkeitsmodul-Temperaturfunktion durchgeführt. An den gealterten Bindemitteln wurden physikalische, rheologische und chemische Untersuchungen zur Beurteilung des Alterungszustands durchgeführt.

Die Bestimmung der Ermüdungsfunktion erfolgte an 7 verschiedenen Asphalten mit zwei Alterungsverfahren und jeweils drei Alterungszuständen (entspricht 6 Alterungsvarianten) und drei Spannungszuständen nach AL Sp-Asphalt 09.

An ebenfalls 6 Alterungsvarianten erfolgten Spaltzug-Schwellversuche zur Bestimmung der Steifigkeitsmodul-Temperaturfunktion. Dazu wurden vier Temperaturen und vier Frequenzen geprüft.

3 Untersuchungsergebnisse

In den Bildern 2 bis 4 sind die relativen Veränderungen der Bindemittleigenschaften (EP RuK, Formänderungsarbeit bis 200 mm und kompl. Schubmodul bei 60 °C) infolge der Alterung in Bezug auf den Zustand nach der Extraktion und Lösemittelbeanspruchung nach der Mischgutherstellung in Abhängigkeit des Alterungsverfahrens und Alterungslänge dargestellt.

Infolge der Alterung mit dem Warmbold'schen Alterungstisch (TUD) nach der Alterungsstufe 1 haben sich die EP RuK um 2,1 bis 13,3 % erhöht. Nach der zweiten Alterungsstufe (AS 2 TUD) steigen die EP RuK um 4,8 bis 27,2 % an.

Die relativen Erhöhungen der EP RuK nach der Alterung mit dem BAV fallen deutlich höher aus. Bei der Alterungsstufe 1 können hier Steigerungen von 10,5 bis 32,6 % und bei der Alterungsstufe 2 von 16,0 bis 34,2 % festgestellt werden.

Die Untersuchungen zur Kraftduktilität wurden an allen Varianten für eine bessere Vergleichbarkeit bei einer Prüftemperatur von 25 °C durchgeführt.

Im Gegensatz zu den relativen Veränderungen der Erweichungspunkte Ring und Kugel fallen die Unterschiede der Er-

gebnisse nach der Alterung bei dem Kraftduktilitätsversuch deutlich höher aus. Während die relative Erhöhung der Formänderungsarbeiten der mit dem Warmbold'schen Alterungstisch gealterten Asphalte zwischen 0 und 465 % betragen, fallen die Erhöhungen nach der Alterung im BAV zwischen 97 bis 2 531 % aus.

Die Steigerung der Schubmoduln infolge der Alterung mit beiden Alterungsverfahren fallen sehr unterschiedlich aus. Die mit dem Warmbold'schen Alterungstisch gealterten Bindemittel weisen relative Erhöhungen von 15 bis 104 % (AS 1 und AS 2 TUD) und die mit dem BAV gealterten Bindemittel zwischen 209 bis 2 051 % (AS 1 und AS 2 RUB) auf.

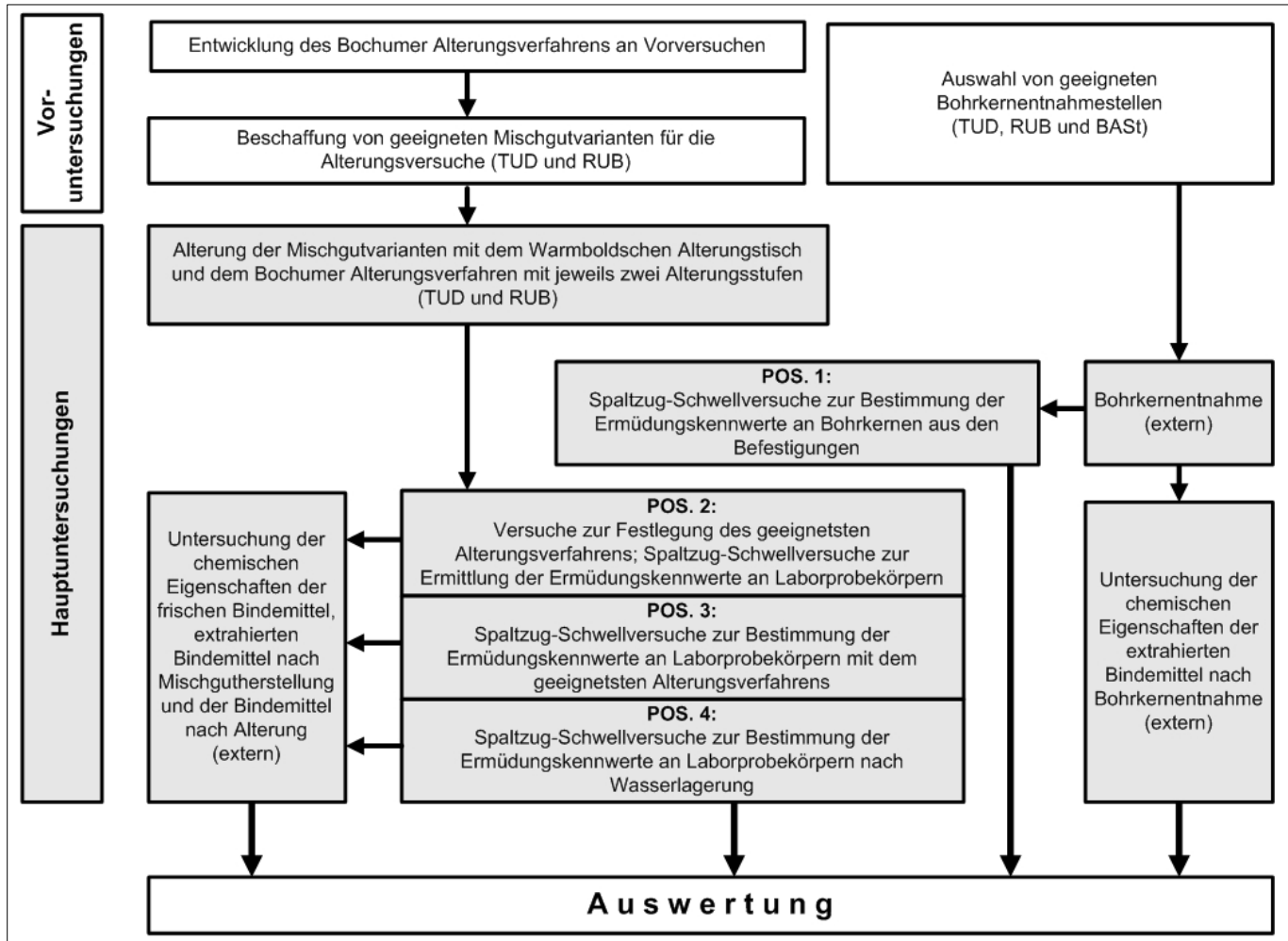


Bild 1: Flussdiagramm zum Untersuchungsprogramm

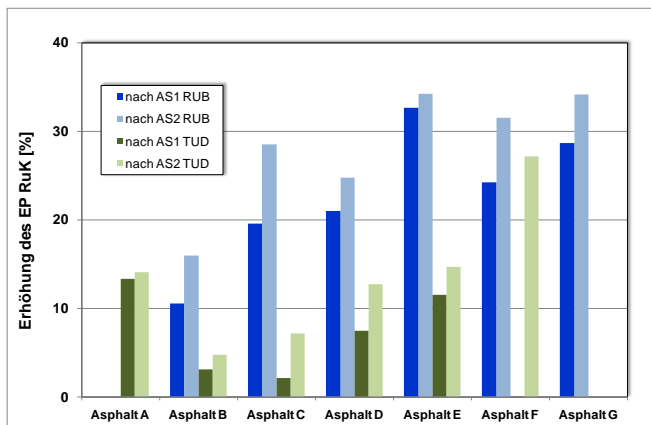


Bild 2: EP RuK aller gealterten Asphalte in Abhängigkeit der Beanspruchungsart

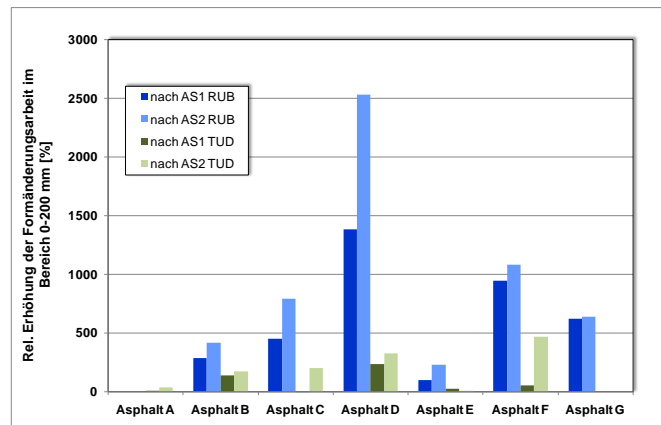


Bild 3: Relative Erhöhung der Formänderungsarbeit (0-200 mm) aller künstlich gealterten Asphalte in Abhängigkeit von der Beanspruchungsart

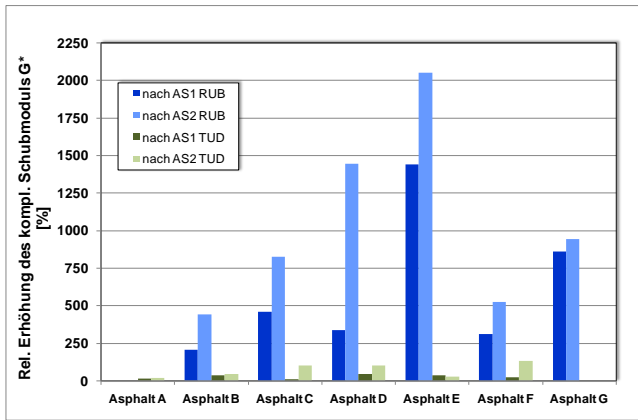


Bild 4: Relative Erhöhung des kompl. Schubmoduls aller künstlich gealterten Asphalte in Abhängigkeit von der Beanspruchungsart

In Bild 5 sind die Anteile an Asphaltene aller künstlich gealterten Asphalte in Abhängigkeit von der Beanspruchungsart dargestellt. Die Kennwerte wurden mit dem Verfahren Asphaltstatus nach Zenke bestimmt.

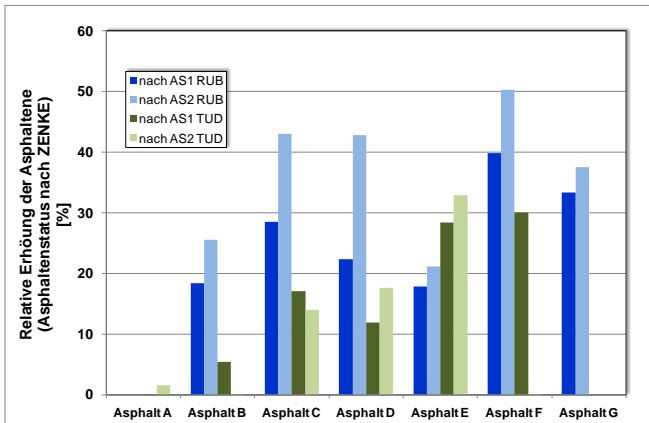


Bild 5: Relative Erhöhung der Asphaltene (Asphaltstatus nach Zenke) aller künstlich gealterten Asphalte in Abhängigkeit von der Beanspruchungsart

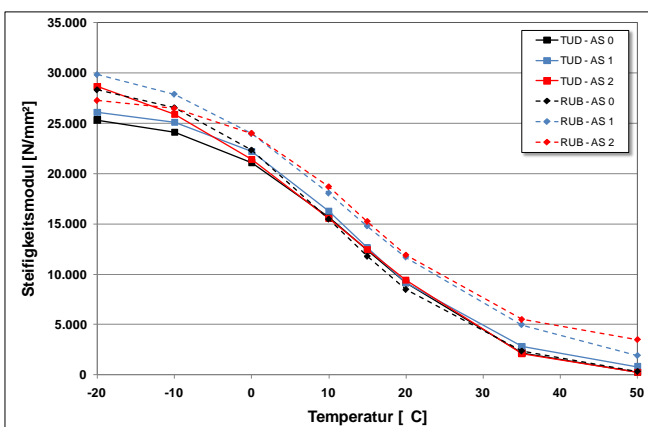


Bild 6: Steifigkeitsmodul-Temperaturfunktion – ATSC

Für alle im Labor gealterten Asphalttragschichten sind Steifigkeitsmodul-Temperaturfunktionen entsprechend Bild 6 auf der Grundlage der AL Sp-Asphalt 09 erstellt worden. Mit der künstlich beschleunigten Alterung ist in der Regel der Steifigkeitsmodul über alle Temperaturen angestiegen.

In Bild 7 sind alle Ermüdungsfunktionen der natürlich und künstlich gealterten Asphalte dargestellt. Die Ermüdungsfunktionen liegen in einem weit gefächerten Bereich. Die künstlich gealterten Asphalttragschichten zeigen einen proportionalen Zusammenhang zwischen Anstieg und Parallelverschiebung der Funktion. Bei den natürlich gealterten Asphalten liegen mit Ausnahme der B 54 und BAB A 2 die Funktionen etwa in der Bandbreite der künstlichen Asphalte.

Die obere und untere Tragschichtlage der BAB A 7 hat mit 35 Jahren mit Abstand die längste Liegedauer aller beprobten Untersuchungsstrecken, hat bei kleinen Dehnungen schon einen vergleichsweise steilen Anstieg der Ermüdungsfunktion und einen mittleren Steifigkeitsmodul. Damit passen die zwei Tragschichten als Vertreter besonders lange gealterter Tragschichten nicht in das Schema der besonders stark künstlich beschleunigten gealterten Tragschichten. Dies kann durch die Ermüdung aus der Verkehrsbelastung, aber auch durch die Raffinerietechnik verursacht sein, die heute mit der vor 35 Jahren nur begrenzt vergleichbar ist.

Mithilfe der Ergebnisse der Spaltzug-Schwellversuche wurden Dimensionierungsberechnungen auf der Grundlage der RDO Asphalt 09 mit dem Programm PaDesTo durchgeführt. Die Ergebnisse der Dimensionierungen und Prognosen zeigen bei Asphaltbefestigungen mit großen Schichtdicken (RStO 01, Bkl. SV, Zeile 1) einen sehr deutlichen Einfluss der künstlichen Alterung der Asphalttragschichten auf die Nutzungsdauer. Während beim Bochumer Alterungsverfahren die erhöhten Steifigkeitsmoduln und die günstigeren Ermüdungsfunktionen überwiegend längere Nutzungsdauern zur Folge haben, ist dieser Effekt bei der Alterung mit dem Warmbold'schen Alterungstisch nicht so deutlich ausgeprägt.

Über die drei Alterungsstufen und einen Nutzungszeitraum von 30 Jahren gemittelt ergibt sich die in Bild 9 dargestellte Verteilung des Ermüdungsstatus für die 7 untersuchten Asphalttragschichten.

Die Streuungen zwischen den einzelnen Asphaltgemischen und die Unterschiede zwischen den Alterungsverfahren sind so groß, dass mit dem derzeitigen Kenntnisstand keine Neukalibrierung der RDO Asphalt 09 auf abgesicherter Grundlage durchgeführt werden kann. In Bild 10 sind die berechneten Shiffaktoren für die oben genannte Befestigung nach den RStO 01 dargestellt.

Der Vergleich der beiden Alterungsverfahren mit den Praxisproben zeigt, dass die Verfahren unterschiedliche Alterungsgrade abdecken. Während der Warmbold'sche Alterungstisch tendenziell eine Nutzungsdauer bis 10 Jahre abzudecken scheint, beansprucht das BAV die Proben deutlich höher, so dass etwa eine Nutzungsdauer von 10 bis 20 Jahre simuliert wird.

Grundsätzlich können beide Verfahren über eine Veränderung der Prüfungsrandbedingungen (z. B. Expositionsdauer) auf die zu prognostizierende Nutzungsdauer angeglichen werden.

Hierzu sind allerdings noch weitere Vergleiche mit Praxisproben unterschiedlichster Nutzungsdauer und die Quantifizierung weiterer abhängiger Faktoren notwendig.

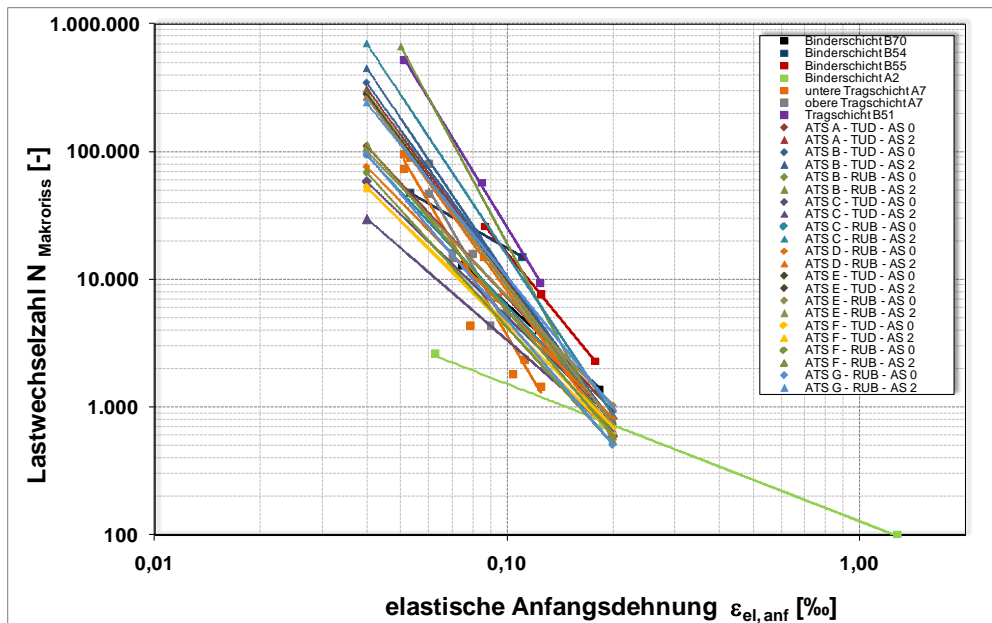


Bild 7: Vergleich der Ermüdungsfunktionen der natürlich und künstlich gealterten Asphalte

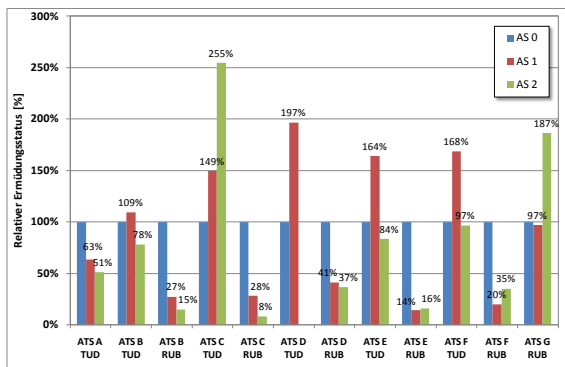


Bild 8: Gegenüberstellung Ermüdungsstatus Befestigung A

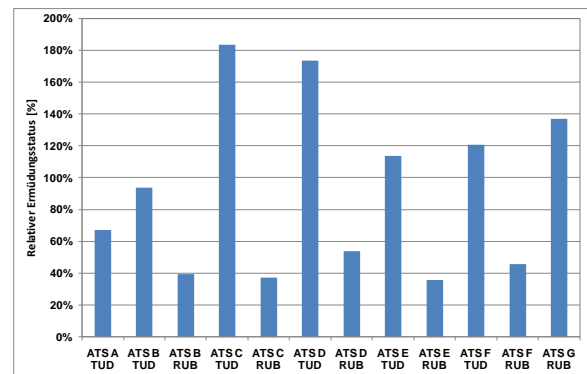


Bild 9: In den Nutzungszeitraum von 30 Jahren integrierte Alterungsstufen AS 0-AS 1-AS 2

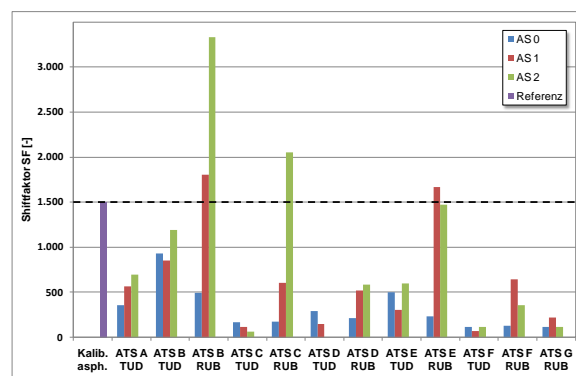


Bild 10: Shiftfaktoren für Nutzungszeitraum 1-30 Jahre